

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/87TVN616.pdf>

DOI: 10.15862/87TVN616 (<http://dx.doi.org/10.15862/87TVN616>)

Статья опубликована 07.12.2016

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кузьмина И.А., Спасёнов А.Ю., Щетинин В.Н. Оценка эффективности и сравнительный анализ алгоритмов решения задачи оптимального подключения новых потребителей к энергосети // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/87TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

Работа написана при поддержке Гранта РФФИ 16-37-00353

УДК 519.6

Кузьмина Инна Анатольевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет), Россия, Москва
Старший преподаватель
E-mail: kuzminainna@yandex.ru

Спасёнов Алексей Юрьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет), Россия, Москва
Ассистент
E-mail: a.spasenov@mail.ru

Щетинин Виталий Николаевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет), Россия, Москва
Аспирант
E-mail: sch_vitaliy@mail.ru

Оценка эффективности и сравнительный анализ алгоритмов решения задачи оптимального подключения новых потребителей к энергосети

Аннотация. В работе представлена математическая постановка задачи оптимального подключения новых потребителей к электросети в виде дискретной оптимизационной задачи. В статье приведены разработанные авторами алгоритмы решения поставленной задачи. Первый алгоритм реализует ограниченный перебор допустимых вариантов решения задачи. Алгоритм можно отнести к разряду «жадных» - на каждом шаге делается попытка подключения потребителя, вклад которого в итоговый критерий оптимальности будет минимальным (при решении задачи минимизации). Второй алгоритм является модификацией первого, он реализует последовательное подключение потребителей к сети энергоснабжения с учетом числа вариантов подключения для каждого из них. Проведенный анализ эффективности алгоритмов показал возможность применения обоих алгоритмов для решения практически значимых задач. Оценка эффективности алгоритмов производилась по двум критериям – суммарные затраты на подключение потребителей и время вычислений. Анализ результатов вычислительного эксперимента, производимого на задачах различной размерности, показал, что, в общем случае, модифицированный алгоритм показывает решение более близкое к оптимальному, время вычислений для него ниже для всех выполняемых

испытаний. Представленные в статье алгоритмы реализованы в интерактивном программном комплексе Elnet.

Ключевые слова: дискретная задача; оптимизация; математическая модель; сеть электроснабжения; подключение потребителей; ограниченный перебор; жадные алгоритмы; оценка эффективности

Введение

Трудно представить себе существование человечества без электричества. Сегодня электроэнергетика занимает ключевую роль в жизнеобеспечении человека. Энергосети, которые начали возводиться в крупных городах России более ста лет назад, сегодня представляют собой широко разветвленные сети различных уровней напряжения, состоящие из многих миллионов элементов. Высокие темпы развития инфраструктуры городов и как следствие их энергосистем, делают невозможным их надлежащее проектирование и эксплуатацию без применения средств автоматизации.

Рассмотренная в работе задача оптимального подключения новых потребителей к энергосети города является лишь одной из проблем, решаемых при проектировании энергосетей городов. Актуальность задачи связана с тем, что от выбранного варианта развития энергосети зависит ее структура и режим работы, а, следовательно, и надежность энергоснабжения (перегрузки кабельных линий (КЛ), трансформаторных подстанций (ТП) и пр.).

В ходе работы коллектива над решением задачи перспективного развития сети электроснабжения, в ее составе было выделено три основных подзадачи [1]. В настоящей работе рассматривается вопрос решения подзадачи оптимального подключения новых потребителей к энергосети.

В работе представлены два разработанных авторами алгоритма решения задачи подключения новых потребителей к сети энергоснабжения, даны некоторые результаты выполненного анализа оценки их эффективности. Проведение экспериментов выполнялось в интерактивном программном комплексе ELNET [2].

1. Математическая постановка задачи

Детально разработанная авторами модель сети электроснабжения представлена в работе [3].

В работе рассматривается вопрос проектирования городских распределительных энергосетей, упрощенная модель которой состоит из трех типов объектов – ТП, КЛ и потребители [4]. КЛ соединяют ТП и потребителей в единую сеть. Недопускается непосредственное соединение потребителей между собой. Связь «ТП-потребитель» принадлежит к типу «один-ко-многим». Для упрощения задачи, связи ТП между собой и объектами более высокого уровня напряжения не рассматриваются.

Исходными данными для задачи являются:

- Множество подключаемых к сети энергоснабжения потребителей
$$C = \{ C_i \}, i \in [1 \dots |C|]$$

- Множество трансформаторных подстанций $\mathbf{T} = \{ T_i \}, i \in [1 \dots |\mathbf{T}|]$, к которым может быть выполнено подключение потребителей множества \mathbf{C} .

Здесь C_i, T_i – i -ый потребитель и i -ая подстанция соответственно; $|\mathbf{C}|, |\mathbf{T}|$ – число элементов множеств \mathbf{C} и \mathbf{T} соответственно.

Объект каждого типа характеризуется набором параметров. Для каждого C_i потребителя определены

$$[U_i, P_i, x_i, y_i, X_i],$$

где: U_i – уровень запрашиваемого i -м потребителем напряжения; P_i – требуемая i -му потребителю мощность; x_i, y_i – географические координаты i -го потребителя; X_i – номер ТП, к которой будет подключен i -ый потребитель (до начала решения задачи указанный параметр является неизвестным).

Каждую T_i ТП характеризует следующий набор параметров

$$[H_i, P_i^s, n_i, x_i, y_i],$$

где: H_i – уникальный номер i -ой ТП; P_i^s – свободная мощность i -ой ТП (максимальный объем мощности, который может быть подключен к подстанции); n_i – число потребителей, которые могут быть подключены к i -ой ТП; x_i, y_i – географические координаты i -ой ТП.

Ставится задача определить значения $X_i, i \in [1 \dots |\mathbf{C}|]$.

При этом значения X_i выбираются из множества уникальных номеров ТП $\mathbf{H} = \{H_i\}, i \in [1 \dots |\mathbf{T}|]$.

Ограничения задачи заданы в виде неравенств.

1. Отсутствие перегрузки ТП по допустимой мощности.

$$P_i^s - \sum_j^{|\mathbf{C}|} P_j \cdot \gamma_{ij} \geq 0, i \in [0 \dots |\mathbf{T}|]. \quad (1)$$

Здесь $\gamma_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-ый потребитель подключен к } i\text{-ой ТП;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

2. Ограничение на число потребителей, подключаемых к ТП

$$n_i - \sum_j^{|C|} \gamma_{ij} \geq 0, \quad i \in [0...|T|]. \quad (2)$$

Здесь $\gamma_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-ый потребитель подключен к } i\text{-ой ТП;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

3. Ограничение на расстояние между ТП и потребителем.

$$l_{ij} \leq l^{\text{lim}}, \quad C_i \in C, \quad T_j \in T. \quad (3)$$

Здесь l_{ij} – расстояние между C_i потребителем и T_j подстанцией; l^{lim} – предельно допустимая длина КЛ.

В качестве критерия оптимальности примем затраты на подключение потребителя к сети энергоснабжения.

В результате решения задачи для каждого потребителя C_i определяется значение параметра X_i , задающего вариант его подключения к энергосети.

2. Алгоритмы решения задачи

Поставленная задача определения оптимального варианта подключения новых потребителей к сети электроснабжения относится к классу дискретных оптимизационных задач [5]. Теоретически, решение таких задач может быть выполнено полным перебором всех возможных вариантов ее решения [6]. Практическое применение такого подхода не представляется возможным в виду огромной размерности задачи. С увеличением размерности, ее вычислительная сложность растет факториально [7, 8].

Решение задачи оптимального подключения потребителей к сети электроснабжения реализовано авторами с помощью двух приближенных алгоритмов: ограниченного перебора и его модификации. Разработанные алгоритмы позволяют находить квазиоптимальное решение задачи реальной размерности за приемлемое время.

2.1. Алгоритм ограниченного перебора (Алгоритм 1)

Алгоритм реализует эвристический подход, согласно которому в вектор решения задачи включается компонент, вносящий наименьший вклад в целевую функцию [9]. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Для каждого подключаемого потребителя $C_i, i \in [1... |C|]$ определяются возможные варианты подключения к ТП, удовлетворяющие ограничению (3). Выполняется оценка стоимости возведения КЛ, соответствующих полученным вариантам.
2. Из множества полученных вариантов выбирается тот, который обеспечивает минимальную стоимость подключения потребителя к сети энергоснабжения.
3. Выбранный вариант подключения проверяется по условию удовлетворения ограничениям (1) и (2).

4. Если выбранный вариант подключения является допустимым (удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3)), то

- стоимость подключения C_i потребителя к сети энергоснабжения суммируется к значению целевой функции;
- C_i потребитель исключается из множества подключаемых потребителей ($C_i \notin C$).

В противном случае, недопустимый вариант подключения исключается из списка возможных вариантов подключения

5. Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока в множестве C есть элементы с возможными вариантами подключения.

Пример, реализующий работу алгоритма для решения задачи подключения четырех потребителей к четырем ТП, приведен ниже.

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\},$$

$$T = \{T_1, T_2, T_3, T_4\}.$$

Численные параметры задачи приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Расстояния между потребителем C_i и ТП T_j (l_{ij})

| C_i | T_j | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
| C_1 | 12 | 16 | 11 | 9 |
| C_2 | 12 | 15 | 10 | 3 |
| C_3 | 1 | 1 | 13 | 9 |
| C_4 | 5 | 4 | 8 | 7 |

В таблице 1 серым цветом выделены варианты, не удовлетворяющие критерию (3), $l^{\text{lim}} = 10$.

Мощности подключаемых потребителей равны

$$P_1 = 100; P_2 = 200; P_3 = 300; P_4 = 300.$$

Характеристики ТП приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики ТП

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| P_j^s | 400 | 100 | 300 | 500 |
| n_j | 2 | 2 | 3 | 1 |

Итерация 1. Шаг 1.

Для простоты расчетов примем, что стоимость c_{ij} подключения потребителя C_i и ТП T_j равна расстоянию между объектами

$$c_{ij} = l_{ij}.$$

Тогда результат выполнения шага 1 будет следующим:

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |
| C_2 | ∞ | ∞ | 10 | 3 |
| C_3 | 1 | 1 | ∞ | 9 |
| C_4 | 5 | 4 | 8 | 7 |

Шаг 2. Выбран элемент c_{31} .

Шаг 3. Проверка ограничения (1): $400 - 100 > 0$.

Проверка ограничения (2): $2 - 1 > 0$.

Шаг 4. Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_1^s = 300, n_1 = 1$$

$$Z = Z + c_{31} = 1.$$

Итерация 2. Шаг 1.

$$C = \{C_1, C_2, C_4\}$$

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |
| C_2 | ∞ | ∞ | 10 | 3 |
| C_4 | 5 | 4 | 8 | 7 |

Шаг 2. Выбран элемент c_{24} .

Шаг 3. Проверка ограничения (1): $500 - 200 > 0$.

Проверка ограничения (2): $1 - 1 = 0$.

Шаг 4. Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_4^s = 300, n_4 = 0$$

$$Z = Z + c_{24} = 1 + 3 = 4.$$

Итерация 3. Шаг 1.

$$C = \{C_1, C_4\}$$

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |
| C_4 | 5 | 4 | 8 | 7 |

Шаг 2. Выбран элемент C_{42} .

Шаг 3. Проверка ограничения (1): $100 - 200 < 0$.

Шаг 4. Вариант подключения не удовлетворяет ограничению (1).

Итерация 4. Шаг 1.

$$C = \{C_1, C_4\}$$

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |
| C_4 | 5 | ∞ | 8 | 7 |

Шаг 2. Выбран элемент C_{41} .

Шаг 3. Проверка ограничения (1): $300 - 100 > 0$.

Проверка ограничения (2): $1 - 1 = 0$.

Шаг 4. Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_1^s = 200, n_1 = 0$$

$$Z = Z + c_{41} = 4 + 5 = 9.$$

Итерация 4. Шаг 1.

$$C = \{C_1\}$$

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |

Шаг 2. Выбран элемент C_{14} .

Шаг 3. Проверка ограничения (1): $300 - 300 = 0$.

Проверка ограничения (2): $0 - 1 < 0$.

Шаг 4. Вариант подключения не удовлетворяет ограничению (2).

Анализ представленного выше примера применения алгоритма для решения задачи оптимального подключения новых потребителей к энергосети показал следующие достоинства и недостатка алгоритма:

1. Предварительная проверка всех вариантов решения на удовлетворение ограничению (1) позволяет отсечь большое число недопустимых вариантов уже на первом шаге алгоритма, существенно сократив число вариантов перебора.

2. Повысить эффективность алгоритма можно введя в его структуру шаг ранней проверки недопустимости решения. Так, на итерации 2 подключение потребителя C_2 к ТП T_4 делает невозможным подключение потребителя C_1 (отсутствует место подключения в T_4 , при отсутствии иного варианта подключения у потребителя C_1).

3. Если в результате выполнения алгоритма для одного (или нескольких) потребителей не найдено варианта подключения к энергосети, решение реализуется повторно, сперва для потребителей, неподключенных в ходе предыдущего решения задачи, затем для всех остальных.

2.2. Модифицированный алгоритм ограниченного перебора (Алгоритм 2)

Отличительной особенностью алгоритма является то, что он позволяет учитывать наличие потребителей с единственным возможным вариантом подключения. Обнаружив таких потребителей, алгоритм выполнит попытку их подключения в первую очередь, снизив риск получения недопустимого решения в дальнейшем. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Для каждого подключаемого потребителя $C_i, i \in [1 \dots |C|]$ определяются возможные варианты подключения к ТП, удовлетворяющие ограничению (3). Выполняется оценка стоимости возведения КЛ, соответствующих полученным вариантам.

2. Для каждого потребителя из множества полученных вариантов выбирается тот, который обеспечивает минимальную стоимость подключения потребителя к сети энергоснабжения.

3. Если имеются потребители, для которых существует только один возможный вариант подключения, такие потребители подключаются в первую очередь.

4. Для каждой ТП последовательно перебираются все варианты подключения, начиная от минимальной стоимости и заканчивая максимальной. Выбранный вариант подключения проверяется по условию удовлетворения ограничениям (1) и (2). Если вариант подключения является допустимым, он принимается, в противном случае игнорируется.

5. Если выбранный вариант подключения является допустимым (удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3)), то

- стоимость подключения C_i потребителя к сети энергоснабжения суммируется к значению целевой функции;
- C_i потребитель исключается из множества подключаемых потребителей ($C_i \notin C$).

В противном случае, недопустимый вариант подключения исключается из списка возможных вариантов подключения.

6. Из таблицы исключаются строки, соответствующие подключенным потребителям, и столбцы, соответствующие «перегруженным» по ограничениям (2) и (3) ТП.

7. Шаги 2-6 повторяются до тех пор, пока в множестве C есть элементы с возможными вариантами подключения.

Действие работы алгоритма демонстрирует пример, приведенный ниже. Исходные данные для него совпадают с рассмотренными в разделе 2.1.

Итерация 1. Шаг 1.

| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|-------|----------|----------|----------|-------|
| C_1 | ∞ | ∞ | ∞ | 9 |
| C_2 | ∞ | ∞ | 10 | 3 |
| C_3 | 1 | 1 | ∞ | 9 |
| C_4 | 5 | 4 | 8 | 7 |

Шаг 2. Желтым отмечены варианты подключения, являющиеся единственными у потребителя. Красным – вариант подключения потребителя с минимальной стоимостью.

Шаг 3. Выбран элемент C_{14} .

Проверка ограничения (1): $500 - 100 > 0$.

Проверка ограничения (2): $1 - 1 = 0$.

Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_4^s = 400, n_1 = 0$$

$$Z = Z + c_{14} = 9.$$

Шаг 4,5. Выбран элемент C_{32} .

Проверка ограничения (1): $100 - 300 < 0$.

Вариант подключения не удовлетворяет ограничению (1).

Выбран элемент C_{31} .

Проверка ограничения (1): $400 - 300 > 0$.

Проверка ограничения (2): $2 - 1 = 0$.

Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_1^s = 100, n_1 = 1$$

$$Z = Z + c_{31} = 9 + 1 = 10.$$

Выбран элемент c_{24} .

Проверка ограничения (2): $0 - 1 < 0$.

Вариант подключения не удовлетворяет ограничению (2).

Выбран элемент c_{42} .

Проверка ограничения (1): $100 - 300 < 0$.

Вариант подключения не удовлетворяет ограничению (1).

Шаг 6.

Из таблицы исключаются строки 1 и 3, столбец 4.

Итерация 2. Шаг 1.

| | T_1 | T_2 | T_3 |
|-------|----------|----------|-------|
| C_2 | ∞ | ∞ | 10 |
| C_4 | 5 | ∞ | 8 |

Шаг 2. Красным отмечен вариант подключения потребителя с минимальной стоимостью.

Шаг 3. Выбран элемент c_{23} .

Проверка ограничения (1): $300 - 200 > 0$.

Проверка ограничения (2): $3 - 1 = 0$.

Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_3^s = 400, n_3 = 2$$

$$Z = Z + c_{23} = 10 + 10 = 20.$$

Шаг 4,5. Выбран элемент c_{41} .

Проверка ограничения (1): $400 - 300 > 0$.

Проверка ограничения (2): $2 - 1 > 0$.

Вариант подключения удовлетворяет ограничениям (1), (2) и (3).

$$P_1^s = 100, n_3 = 1$$

$$Z = Z + c_{41} = 20 + 5 = 25.$$

Решение найдено за две итерации.

3. Сравнительный анализ эффективности алгоритмов

Оценка эффективности алгоритмов произведена в программном комплексе ELNET [2].

Для выполнения вычислительного эксперимента были разработаны 10 карт, состоящих из 30 – 300 ТП и 100 – 1000 потребителей. Соотношения числа ТП и потребителей на каждой карте примерно одинаково и соответствует естественному соотношению реальной задачи [10]. При генерации карт обязательным условием являлось наличие у потребителя хотя бы одного возможного варианта подключения к энергосети.

При проведении эксперимента фиксировались два параметра – время вычисления t и суммарная длина КЛ, необходимых для подключения потребителей, Z . Данные проведенного эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 3

Данные вычислительного эксперимента

| Карта | $Z, м$ | | $t, сек$ | |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| | Алгоритм 1 | Алгоритм 2 | Алгоритм 1 | Алгоритм 2 |
| 1 | 9834 | 9342 | 6 | 6 |
| 2 | 10934 | 10343 | 9 | 9 |
| 3 | 12321 | 12302 | 16 | 15 |
| 4 | 14234 | 14324 | 38 | 33 |
| 5 | 15934 | 15438 | 76 | 68 |
| 6 | 16893 | 16943 | 132 | 111 |
| 7 | 18643 | 18343 | 232 | 187 |
| 8 | 20234 | 20433 | 442 | 365 |
| 9 | 22438 | 22357 | 793 | 598 |
| 10 | 25439 | 24954 | 1212 | 943 |
| Среднее | 16690,4 | 16487,9 | 195,6 | 233,5 |

Вычислительный эксперимент показал возможность решения практически значимой задачи с применением разработанных алгоритмов. Сравнительный анализ эффективности работы алгоритмов показал:

- Критерий оптимальности Z , полученный при решении задачи с применением Алгоритма 2, имел меньшее значение в 7 вариантах расчета из 10. Закономерность с ростом размерности задачи не выявлена.
- Время решения задачи t увеличивает с ростом размерности задачи линейно. При этом Алгоритм 2 показал меньшие или равные значения для всех размерностей задачи. При этом для больших размерностей задачи разница является значительной.

Заключение

В статье рассмотрены два алгоритма решения задачи оптимального подключения новых потребителей к подстанциям энергосети – алгоритм ограниченного перебора и его модификация.

На основании полученных в работе результатов можно сделать следующие выводы.

1. Применение точных методов решения задачи оптимального подключения потребителей к энергосети мегаполиса невозможно ввиду большой размерности задачи и огромного числа возможных ее решений.
2. Оба разработанных алгоритма могут быть применены для решения задач реальной размерности, при этом модифицированный алгоритм производит расчеты за меньшее время и в среднем дает лучшие результаты по критерию оптимальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко А.П., Кузьмина И.А. Методы решения задачи перспективного развития распределительной городской сети электроснабжения. Наука и образование, 2014. №10. (<http://technomag.edu.ru/doc/727891.html>).
2. Кузьмина И.А. Система автоматизированного проектирования городской распределительной сети энергоснабжения с учетом перспектив развития города / XV всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям 2014: программа и тезисы докладов. – Тюмень: Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2014. – С. 68.
3. Карпенко А.П., Кузьмина И.А. Математическая модель распределительной городской сети энергоснабжения с учетом ее перспективного развития. Наука и образование, 2014. №5. (<http://technomag.bmstu.ru/doc/709781.html>).
4. Файбисович, Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро; под редакцией Д.Л. Файбисовича. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Издательство НЦЭНАО, 2006. – 349 с.
5. Авдеюк О.А., Муха Ю.П. Основы дискретной математики, 2-е изд. – Волгоград: ВолгГТУ, 2016 – 160 с.
6. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы – М.: Наука, 1990 – 448 с.
7. Реннер, А.Г. Математическое программирование: задачи, алгоритмы, программная реализация. Учебное пособие / А.Г. Реннер, В.Н. Тарасов, З.В. Макаровская, А.С. Загоруй. – Оренбург: ОГУ, 2000. – 134 с.
8. Коган, Д.И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация / Д.И. Коган. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2004. – 150 с.
9. Короткова, Т.И. Лекции по теории игр / Т.И. Короткова. – М.: Издательство МАИ. – 2010. – 119 с.
10. Карпов, Ф.Ф. Расчет городских распределительных электрических систем / Ф.Ф. Карпов. – М.: Энергия, 1968. – 223 с.

Kuzmina Inna Anatol'evna

Bauman Moscow state technical university named after N.E. Bauman, Russia, Moscow
E-mail: kuzminainna@yandex.ru

Spasenov Aleksei Yur'evich

Bauman Moscow state technical university named after N.E. Bauman, Russia, Moscow

E-mail: a.spasenov@mail.ru

Schetin Vitaliy Nikolaevich

Bauman Moscow state technical university named after N.E. Bauman, Russia, Moscow

E-mail: sch_vitaliy@mail.ru

Effectiveness evaluating and analysis of algorithms for problems of optimal connection of new consumers to the power supply network solving

Abstract. The paper presents a mathematical formulation of the problem of optimal connection of new consumers to the power supply network solving in the form of a discrete optimization problem. The article presents the authors developed algorithms to solve this problem. The first algorithm implements a limited enumeration of permissible options. The algorithm can be classified as "greedy" - at each step is an attempt to connect the consumer, whose contribution to the final optimality criterion will be minimal (when minimization problem solved). The second algorithm is a modification of the first one, it implements a serial connection of consumers to the power supply network, taking into account the number of connectivity options for each of them. The analysis of the effectiveness of the algorithms showed the possibility of using both algorithms for solving practically important problems. The algorithms effectiveness evaluating performed by two criteria - the total cost of connecting consumers and computation time. Analysis of the computational experiments results produced at varying dimension of the task has shown that, in general, the modified algorithm shows the solution closer to the optimum, the computation time for him below for all performed tests. Presented in the paper algorithms implemented in the interactive program complex Elnet.

Keywords: discrete problem; optimization; mathematical model; power supply network; consumers connection; limited search; greedy; performance evaluation